



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111747468 A

(43) 申请公布日 2020.10.09

(21) 申请号 202010693470.6

(22) 申请日 2020.07.17

(71) 申请人 威士邦(厦门)环境科技有限公司  
地址 361000 福建省厦门市火炬高新区(翔安)产业区翔岳路17号101、201单元

(72) 发明人 林玉泰 李桂林

(74) 专利代理机构 厦门律嘉知识产权代理事务所(普通合伙) 35225  
代理人 张辉 温洁

(51) Int.Cl.  
C02F 1/04 (2006.01)

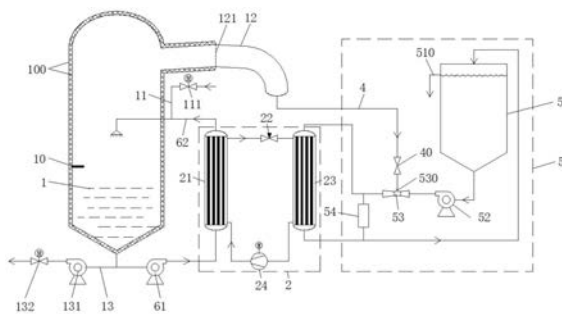
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种热泵真空低温蒸发浓缩系统

(57) 摘要

本发明公开了一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,包括蒸发罐、制热卡诺循环系统、负压抽吸管路和洁净水循环系统。蒸发罐的上部连接有废水进水管和蒸汽排放管,底部与废水进水管路之间设有废水加热系统。洁净水循环系统包括通过管道顺次连接的水箱、水泵、文丘里和散热降温装置。负压抽吸管路的一端与蒸汽排放管相连,另一端与文丘里的引入管相连,负压抽吸管路上设有截止阀。制热卡诺循环系统中的蒸发器的放热侧进口与文丘里的出水端管道相连,蒸发器的放热侧出口连接至水箱。本发明提供一种能低温稳定运行、蒸发浓缩效率高、维护成本低、使用寿命长的热泵真空低温蒸发浓缩系统,实现了水蒸气、凝结水和不凝气的去除,提高了蒸发罐的蒸发浓缩效率。



CN 111747468 A

1. 一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:包括蒸发罐、制热卡诺循环系统、负压抽吸管路和洁净水循环系统,蒸发罐的上部连接有废水进水管和蒸汽排放管,底部与所述废水进水管路之间设有废水加热系统,所述的废水加热系统包括循环泵和制热卡诺循环系统中的冷凝器,所述的洁净水循环系统包括通过管道顺次连接的水箱、水泵、文丘里和散热降温装置,所述负压抽吸管路的一端与所述蒸汽排放管相连,另一端与文丘里的引入管相连,所述的负压抽吸管路上设有截止阀,所述制热卡诺循环系统中的蒸发器的放热侧进口与所述文丘里的出水端管道相连,所述蒸发器的放热侧出口通过管道连接至水箱,所述散热降温装置的一端与文丘里的出水端相连,另一端与所述水箱的顶部管道相连。

2. 如权利要求1所述的一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:所述水箱的上部连接有溢流管路。

3. 如权利要求1所述的一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:所述的蒸汽排放管内靠近蒸发罐的一端设有凝结水分流面,所述蒸发罐的外壁面、凝结水分流面到所述蒸发罐的蒸汽排放管路的外壁面、所述制热卡诺循环系统的冷凝器外壁面均包覆有一层保温层。

4. 如权利要求1所述的一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:所述的废水进水管上设有一未蒸发浓缩废水补充支路,所述未蒸发浓缩废水补充支路上设有进料阀。

5. 如权利要求1所述的一种改进型热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:所述的废水加热系统在所述蒸发罐底部与所述冷凝器之间的管路上设有一浓缩液排放支路,所述的浓缩液排放支路上设有排料泵和排料阀。

6. 如权利要求1所述的一种改进型热泵真空低温蒸发浓缩系统,其特征在于:所述蒸发罐内中部设有液位计。

## 一种热泵真空低温蒸发浓缩系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于工业污水处理、料液浓缩和渗滤液处理技术领域,特别涉及一种热泵真空低温蒸发浓缩系统。

### 背景技术

[0002] 高浓工业废水的委外处置费用高,传统的处理手段,如膜浓缩技术、超高频振动浓缩技术、碟管式反渗透技术等,因溶质浓度太高等无法进一步浓缩;又如三效蒸发器或MVR浓缩设备,蒸发温度在90到100多度,产生水垢速度快,维护成本高,设备使用寿命短。

[0003] 申请号为201820113622.9的专利公开了一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,该蒸发浓缩系统存在以下不足:1、对制热卡诺循环系统,输入给制热卡诺循环系统压缩机做功的机械能大部分转为热能输入,废水在吸热后蒸发形成的水蒸气被文丘里抽吸形成真空吸入到蒸馏水循环系统,导致蒸馏水水温上升,为了避免上升,将升温后的蒸馏水与中筒中制冷机进行热交换以达到降温的目的,这将绝大部分热量又回用到卡诺循环系统。如果不能采取有效的散热措施,那么整个吸热-蒸发浓缩-冷凝系统的工作温度将持续上升,直到温度上升到整个卡诺循环系统的散热损失热耗等于压缩机输入的电功率为止,这将导致系统不能在低温环境下工作;2、该系统方案中并未公开如何实现减少在壁面冷凝下来的蒸馏水流回到废水或料液。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的在于一种能低温稳定运行、蒸发浓缩效率更高、维护成本低、使用寿命长的热泵真空低温蒸发浓缩系统,能够有效地去除蒸发罐所产生的水蒸气、凝结水和不凝气,同时能够使得系统在低温环境下工作。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,包括蒸发罐、制热卡诺循环系统、负压抽吸管路和洁净水循环系统。蒸发罐的上部连接有废水进水管和蒸汽排放管,底部与所述废水进水管路之间设有废水加热系统。所述的废水加热系统包括循环泵和制热卡诺循环系统中的冷凝器。所述的洁净水循环系统包括通过管道顺次连接的水箱、水泵、文丘里和散热降温装置。所述负压抽吸管路的一端与所述蒸汽排放管相连,另一端与文丘里的引入管相连,所述的负压抽吸管路上设有截止阀。所述制热卡诺循环系统中的蒸发器的放热侧进口与所述文丘里的出水端管道相连,所述蒸发器的放热侧出口通过管道连接至水箱。所述散热降温装置的一端与文丘里的出水端相连,另一端与所述水箱的顶部管道相连。

[0007] 进一步地,所述水箱的上部连接有溢流管路。

[0008] 进一步地,所述的蒸汽排放管内靠近蒸发罐的一端设有凝结水分流面,所述蒸发罐的外壁面、凝结水分流面到所述蒸发罐的蒸汽排放管路的外壁面、所述制热卡诺循环系统的冷凝器外壁面均包覆有一层保温层。

[0009] 进一步地,所述的废水进水管上设有一未蒸发浓缩废水补充支路,所述未蒸发浓

缩废水补充支路上设有进料阀。

[0010] 进一步地,所述的废水加热系统在所述蒸发罐底部与所述冷凝器之间的管路上设有一浓缩液排放支路,所述的浓缩液排放支路上设有排料泵和排料阀。

[0011] 进一步地,所述蒸发罐内中部设有液位计。

[0012] 本发明具有如下有益效果:

[0013] 1、运用了制热卡诺循环原理,通过冷媒冷凝释热给冷废水加热,和使因吸收水蒸气液化热而升温的洁净水通过冷媒蒸发吸热而降温,同时回收大部分的废水蒸发潜热,从而分别实现对废水的升温和对蒸汽的液化并降温,极大地节省了对外界能量的需求。

[0014] 2、在负压抽吸管路和洁净水循环系统里,通过水箱、水泵、文丘里、两支路上的蒸发器和散热降温装置的循环流动而不断负压抽吸,实现水蒸汽液化降温、凝结水降温和不凝气的去除。通过水泵不断的对水箱内的洁净水水进行循环,负压抽吸水蒸气、凝结水和不凝气,使得蒸发罐内形成了真空,当罐内气相绝对压力低于废水设定低温范围对应的饱和蒸发压力时,废水在设定低温范围就在蒸发罐内沸腾蒸发,无需等到100℃才汽化。

[0015] 3、在冷凝器外壁面设置保温层后,就能对热泵系统在同样的电能输入下产生更多热量,在蒸发罐内产生更多蒸汽;在蒸发罐容器外部需进行保温,保温材料覆盖到蒸汽通道的凝结水分流面为止,从凝结水分流面起蒸汽通道至负压抽吸管路均不保温,这样做好处是在保温部分壁面上尽量减少已产生的水蒸气在蒸发罐内壁、及与其相连通的至凝结水分流面的通道内壁产生凝结水量;蒸汽通道从凝结水分流面至负压抽吸管路的沿途内壁上水蒸气尽量凝结成冷凝水量。冷凝器外壁面设置保温层、在蒸发罐容器外壁需进行保温,保温材料覆盖到蒸汽通道上的凝结水分流面为止。从凝结水分流面起至负压抽吸管路上部的蒸汽排放管路的外壁均不保温。这两种不同的做法,因为能得到更多的洁净水,实际就是蒸发浓缩效率更高,即达到节能的效果。

[0016] 注:在蒸汽排放管内壁面上凝结的凝结水要么流到蒸发罐内,要么流到负压抽吸管路,因此存在一凝结水分界面,被称为凝结水分流面。凝结水分流面的一侧凝结水流到蒸发罐内,另一侧流到负压抽吸管路。为了更易让蒸汽排放管内的凝结水分流,需要凝结水分界面两侧蒸汽管各向低处倾斜。

[0017] 4、因为热泵真空低温蒸发浓缩系统内的散热降温装置的作用,制热卡诺循环系统的废水蒸发温度能落在在较低范围内稳定运行。被抽吸的冷凝水和含有水蒸气和不凝气的混合水气通过与洁净水混合、溶解、及通过蒸发器内冷媒吸热和散热降温装置降低洁净水循环水水温及水箱溢流而排出。若没有散热降温装置的降温,则产生因热泵系统工作时输入的压缩功转为的热能部分将导致蒸发浓缩系统的蒸发温度升高,废水工作蒸发温度范围上移,破坏系统的设定的蒸发温度范围。

[0018] 5、蒸汽/凝结水/不凝气降温去除系统可在系统启动后和运行过程中有效地去除蒸汽、凝结水和不凝气;在系统启动之前,蒸发罐的上部空间及通道内存在空气不凝气,在启动过程中可利用文丘里负压抽吸原理有效去除;在系统稳定运行过程中,由于溶在废水液相的不凝气由于气压降低到真空压力和因其在温度较高的废水中的溶解性能变差而部分释放到气相中,经文丘里负压抽吸能有效去除;为了使蒸发罐内的废水较快蒸发水蒸汽,需控制气相中不凝气摩尔百分比不高于10%,低于5%更好。

[0019] 6、因低温运行而降低对接触废水/料液/及其它的蒸汽的材料表面腐蚀,实现了延

长了接触废水/料液及其它的蒸汽的材料的使用寿命。

[0020] 7、因为接触废水/料液/及其它的蒸汽的材料表面的低腐蚀,也降低了维护成本。

[0021] 8、制热循环系统的蒸发器由释热侧的蒸汽改为升温后的洁净水,蒸发器的体积大为缩小。

### 附图说明

[0022] 图1为本发明的结构示意图。

[0023] 主要组件符号说明:1、蒸发罐;10、液位计;100、保温层;11、未蒸发浓缩废水补充支路;111、进料阀;12、蒸汽排放管;121、凝结水分流面;13、浓缩液排放支路;131、排料泵;132、排料阀;2制热卡诺循环系统;21、冷凝器;22、节流阀;23、蒸发器;24、压缩机;4、负压抽吸管路;40、截止阀;5、洁净水循环系统;51、水箱;510、溢流管路;52、水泵;53、文丘里;530、引入管;54、散热降温装置;61、循环泵;62、废水进水管路。

### 具体实施方式

[0024] 下面结合附图和具体实施方式,对本发明做进一步说明。

[0025] 如图1所示,一种热泵真空低温蒸发浓缩系统,包括蒸发罐1、制热卡诺循环系统、负压抽吸管路4和洁净水循环系统5。制热卡诺循环系统包括冷凝器21和蒸发器23,制热卡诺循环系统中的冷凝器21是废水加热系统中的加热部件。蒸发罐1内上部设有液位计10,蒸发罐1的上部连接有废水进水管路62和蒸汽排放管12,废水进水管路62上设有一未蒸发浓缩废水补充支路11,其上设有进料阀111。蒸汽排放管12内靠近蒸发罐1的一端设有凝结水分流面121,蒸发罐1的外壁面和凝结水分流面121至蒸发罐1的蒸汽排放管12的外壁面和冷凝器21外壁上均包覆有一层保温层100。蒸发罐1底部连接有浓缩液排放支路13,浓缩液排放支路13上设有排料泵131和排料阀132。

[0026] 废水从蒸发罐1底部出来,经循环泵61加压,冷凝器21内换热侧冷媒液化加热,加热后废水温度上升,经废水进水管路62流回到蒸发罐1喷淋蒸发浓缩,蒸发后废水温度下降,再从蒸发罐1底部出来从而完成循环。

[0027] 制热卡诺循环系统包括蒸发器23、压缩机24、冷凝器21、节流阀22。低温低压气相冷媒从蒸发器23被抽吸,经压缩机24压缩后变成中温高压气相冷媒,经冷凝器21换热侧废水冷却后变成中温高压液相冷媒,经节流阀22节流后变成低压液相冷媒,经蒸发器23的换热侧洁净水加热和蒸发时负压抽吸后变成气相冷媒,被压缩机抽吸,从而完成制热卡诺循环。

[0028] 洁净水循环系统5包括通过管道顺次连接的水箱51、水泵52、文丘里53和散热降温装置54,负压抽吸管路4的一端与蒸汽排放管12相连,另一端与文丘里53的引入管530相连,负压抽吸管路4上设有截止阀40。蒸发器23的顶部与文丘里53的出水端管道相连,底部通过管道连接至水箱51,水箱51的上部连接有溢流管路510。散热降温装置54的一端与文丘里53的出水端相连,另一端与水箱51的顶部管道相连。

[0029] 本发明的工作原理为:当蒸发罐1内的废水达到设定液位时,进料阀111关闭,此时,各个循环管路开始启动工作。当废水处理结束后,排料阀132导通,排料泵131启动,将蒸发罐1内的浓缩液排出。

[0030] 高浓废水低温蒸发浓缩所吸收的热能来自制热卡诺循环系统压缩机24压缩的中温高压冷媒的液化热,而蒸发出的水蒸汽,在文丘里53抽吸下,被吸入洁净水里,与洁净水混合并被液化。它所释放的热量使洁净水水温上升,水温上升后的洁净水流经制热卡诺循环系统的蒸发器23,在蒸发器23内部经换热管壁传热给液相冷媒,使之气化而使制热卡诺循环系统回用大部分热能。利用文丘里53运行时产生的负压抽吸原理去除蒸发浓缩系统中的不凝气,使之不凝气浓度低于水蒸汽浓度的10%(摩尔百分比)为宜,尤其低于水蒸汽浓度的5%(摩尔百分比)更好,目的是提高废水蒸发效率和水蒸汽凝结效率,不凝气通过洁净水回流至水箱、释放到水箱上部和/或溢流管路而释放。给蒸发罐1,和从与之相连的蒸汽排放管12直至凝结水分流面121为止覆盖保温层100,可避免已蒸发出水蒸汽在蒸发罐1至凝结水分流面121的壁面上凝结后凝结水重流回废水而降低浓缩效率。冷凝器21外壁面也需要覆盖保温层100,图中未画出。

[0031] 利用文丘里53运行时产生的负压抽吸原理吸收蒸发浓缩系统中的水蒸汽及不凝气的混气中的水蒸汽,洁净水水温上升,水温上升后的洁净水流向大小两支路,大支路与流经蒸发器23降温的管路相连,小支路与流经散热降温装置54相连的降温管路相连,从蒸发器23和散热降温装置54流出的降温后洁净水回到水箱51,在水箱51中释放的不凝气和超过溢流水位的洁净水通过溢流管路510排出,不凝气也从溢流管路510排出。利用散热降温装置54可有效降低制热卡诺循环系统输入的压缩功转化而成的热能,从而使废水蒸发工作在低温范围内。

[0032] 低温节能工作过程:先启动水泵52,开启截止阀40,洁净水系统开始循环流动洁净水。在循环流动过程中,洁净水负压抽吸蒸发罐1上空和蒸汽通道/蒸汽排放管12内不凝气。在形成运行稳定高真空度后,开启进料阀111,往蒸发罐1内注废水至合适水位,运行循环泵61和制热卡诺循环系统。废水流经冷凝器21得到热能,水温上升,接着在蒸发罐1内蒸发浓缩,废水浓度不断上升,当废水浓度达到要求时,可从浓缩液排放管131排出。蒸发出的水蒸汽被负压抽吸到文丘里53。从冷凝器3和散热降温装置54两支路流出的、水温均降低洁净水流回到水箱51。被负压抽吸的水蒸汽在液化后,增加了洁净水循环系统的水量,导致水箱51水位上升,通过超过溢流水位溢流而排除。被负压抽吸的不凝气,若在水箱51内上部释放,则通过溢流管路510而排出。制热卡诺循环系统的冷媒在压缩机24压缩下,从低温低压气相冷媒变成中温高压的气相冷媒,流经冷凝器21将液相热传给低温废水,接着流经节流阀22,变成低压液相冷媒,然后流经蒸发器23,吸收洁净水的热能而得到气化,然后被压缩机24负压吸入,实现制冷剂制热-制冷的卡诺循环。

[0033] 尽管结合优选实施方案具体展示和介绍了本发明,但所属领域的技术人员应该明白,在不脱离所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围内,在形式上和细节上对本发明做出各种变化,均为本发明的保护范围。

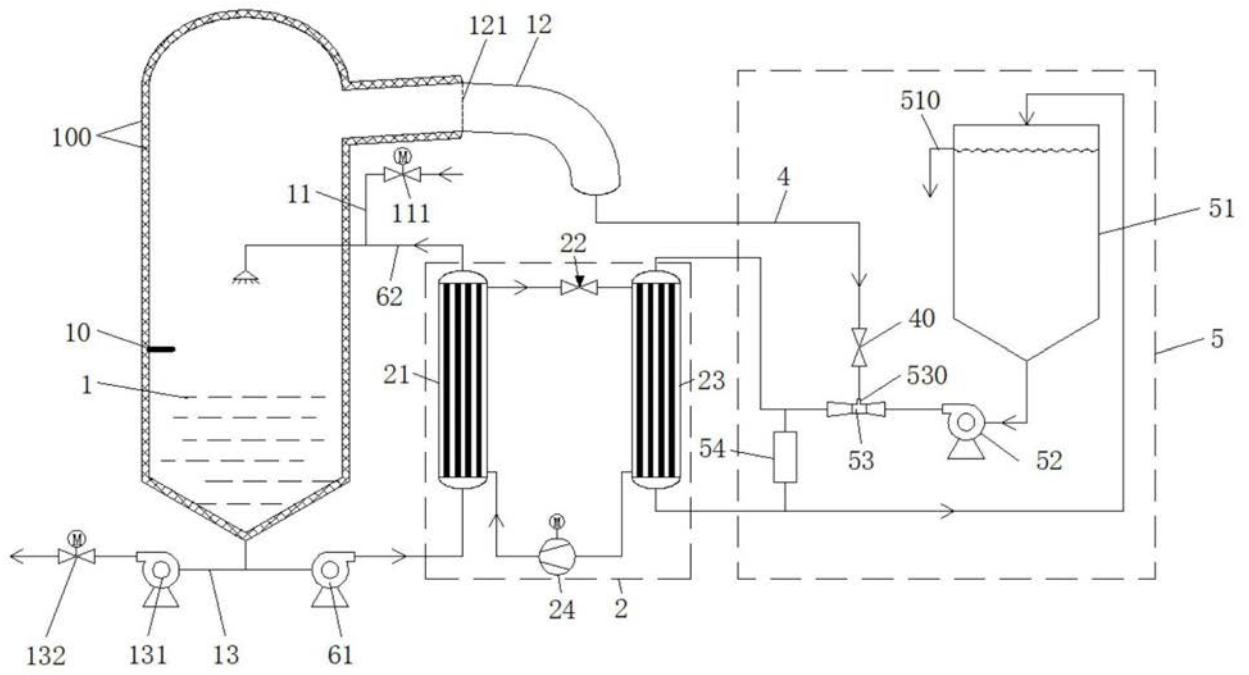


图1